

INFLUENCIA DE LA NAO EN LA PRECIPITACIÓN Y EN LA PROBABILIDAD DE DÍAS LLUVIOSOS DE DICIEMBRE EN LA ESPAÑA PENINSULAR (1941-1994)

Lidia GÓMEZ NAVARRO*, Javier MARTÍN-VIDE** y Heinz WANNER*

*Klimet. Geographisches Institut. Univ. Bern

**Grupo de Climatología. Dpto. Geografía Física y AGR. Univ. Barcelona

RESUMEN

Con 33 observatorios de la España peninsular, el índice de la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) está en general bien correlacionado negativamente con la cantidad de precipitación, en diciembre, en el centro y sudoeste. La correlación es negativa y significativa entre el índice NAO y la probabilidad de día lluvioso y entre aquél y la probabilidad de día lluvioso después de día lluvioso. El valor de r mejora durante la fase positiva de la NAO (1975-94) y se debilita en la negativa (1941-74).

Palabras clave: Diciembre, NAO, España peninsular, precipitación, probabilidad de día lluvioso.

ABSTRACT

The North Atlantic Oscillation (NAO) index is generally well negatively correlated with the December rainfall amount in the center and southwest of peninsular Spain, based on 33 observatories. The correlation between the NAO index and the probability of a rainy day and between the NAO index and the probability of a rainy day after a rainy day is negative and highly significant in the same area. The correlation improves considerably during the positive phase of NAO 1975-94, and is weakened in the negative phase 1941-74.

Key words: December, NAO, Peninsular Spain, precipitation, probability of a rainy day.

1. OBJETIVOS, DATOS Y METODOLOGÍA

La NAO (Oscilación del Atlántico Norte), definida por BARNSTON y LIVEZEY (1987) y LAMB y PEPPLER (1987), es uno de los patrones de variabilidad de baja frecuencia de mayor importancia en Europa (WANNER *et al.*, 1997; SCHMUTZ y WANNER, 1998; WIBIG, 1999) y, también, en la Península Ibérica.

En el presente estudio se pretende: (1) hallar, a una escala espacial relativamente fina en el caso de la España peninsular, la correlación entre el índice NAO y la cantidad de precipitación en diciembre; (2) establecer la misma correlación entre el índice NAO y la probabilidad, o frecuencia, de los días lluviosos, definidos a partir de tres umbrales distintos; (3) calcular la misma correlación entre el

índice NAO y la probabilidad de día lluvioso después de día lluvioso; y (4) realizar, según los resultados obtenidos, una propuesta de regionalización del territorio en función de la influencia de la NAO en la pluviometría de diciembre.

Se han utilizado los datos de precipitación diaria de 33 observatorios de primer orden del INM, para el período 1951-1990, a partir de los cuales se han hallado los totales de precipitación y la probabilidad de día lluvioso en diciembre, $P(1)$, en este caso según tres umbrales distintos (0,1, 1,0 y 10,0 mm). La probabilidad de día lluvioso después de día lluvioso, $P(11)$, se ha calculado como cociente del número de enlaces entre días de precipitación consecutivos y el número de días de lluvia, únicamente para el umbral 0,1 mm. Se han añadido las cantidades de precipitación de diciembre de los períodos 1941-50 y 1991-94 (INM, 1996), lo que permite dividir el período global 1941-94 en dos intervalos temporales con fases opuestas en la NAO, a saber: el 1941-74, de fase negativa, y el 1975-94, de fase positiva (HURRELL, 1995, 1996).

El índice NAO empleado se basa en la diferencia de presión normalizada a nivel del mar entre Ponta Delgada, en el archipiélago portugués de Azores, y Reykjavik, en Islandia. Los datos proceden de la Climatic Research Unit, University of East Anglia.

Las correlaciones lineales establecidas se han evaluado mediante el coeficiente de correlación r de Pearson, al nivel de significación del 0,05.

2.RESULTADOS

2.1. Totales de precipitación

Los valores de r entre el índice NAO y los totales de precipitación de diciembre para el período 1941-94 son negativos excepto en cuatro casos, tres localizados en el norte de España y Murcia. Los valores extremos corresponden a Ciudad Real (-0,71) y Huelva (-0,69), por una parte, y San Sebastián (+0,23) y Pamplona (+0,20), por otra (tabla I). Al dividir el período 1941-94 en los subperíodos 1941-74 y 1975-94, según el comportamiento general, negativo y positivo de la NAO, y establecer las correlaciones entre el índice NAO y la precipitación, se observa cómo las correlaciones mejoran de un modo notable al pasar del primero al segundo subperíodo, lo que reflejan los incrementos considerables, en valor absoluto, de r .

Todos los valores de r en el subperíodo 1941-74 son inferiores a los del período global 1941-94, excepto en dos casos, y todos los del subperíodo 1975-94 superan a los anteriores, salvo en uno. Las mejores correlaciones se dan en Ciudad Real, en el subperíodo 1941-74, con $r=-0,60$, y en Madrid y Huelva, en el subperíodo 1975-94, con $r=-0,90$. En la fase negativa (1941-74) quince observatorios poseen valores de r no significativos, mientras que en la fase positiva sólo Logroño y Gijón no muestran significación estadística. Así, pues, los modestos totales pluviométricos de buena parte de la España peninsular cuando la NAO se manifiesta en su fase positiva están muy bien correlacionados negativamente con su índice. La mayor o menor potencia, persistencia y proximidad del anticiclón de las Azores condiciona de una manera muy clara los totales pluviométricos de diciembre. En cambio, durante la fase negativa las correlaciones presentan, en general, y excepto en áreas del centro y del sudoeste peninsular, una escasa o nula significación estadística, probablemente a causa de la variedad y la irregularidad temporal de las depresiones que producen episodios

Observatorios	1941-94	1941-74	1975-94	Difer.	Observatorios	1941-94	1941-74	1975-94	Difer.
	r0	r1	r2	r2-r1		r0	r1	r2	r2-r1
Albacete	-0,38	-0,20	-0,69	-0,49	Lérida	-0,27	<i>-0,10</i>	-0,70	-0,60
Alicante	-0,23	<i>-0,03</i>	-0,54	-0,51	Logroño	<i>-0,12</i>	<i>-0,14</i>	<i>-0,09</i>	0,05
Almería	-0,30	-0,29	-0,64	-0,36	Madrid	-0,58	-0,32	-0,90	-0,57
Ávila	-0,48	<i>-0,01</i>	-0,81	-0,81	Málaga	-0,62	-0,55	-0,81	-0,26
Barcelona	<i>-0,09</i>	<i>-0,03</i>	-0,23	-0,19	Murcia	<i>0,10</i>	0,32	-0,57	-0,89
Burgos	-0,35	-0,18	-0,59	-0,40	Pamplona	<i>0,20</i>	<i>0,11</i>	0,44	0,33
Cáceres	-0,58	-0,29	-0,88	-0,59	S. Fernando	-0,57	-0,41	-0,84	-0,43
Ciudad Real	-0,71	-0,60	-0,85	-0,26	S. Sebastián	0,23	<i>0,13</i>	0,44	0,31
Córdoba	-0,63	-0,47	-0,87	-0,40	Salamanca	-0,48	-0,30	-0,66	-0,36
Coruña, La	<i>-0,15</i>	<i>0,03</i>	-0,40	-0,43	Sevilla	-0,67	-0,49	-0,89	-0,40
Cuenca	-0,62	-0,43	-0,86	-0,43	Soria	-0,48	-0,28	-0,80	-0,52
Gerona	-0,32	-0,25	-0,59	-0,34	Tortosa	<i>-0,10</i>	<i>0,07</i>	-0,63	-0,71
Gijón	<i>-0,06</i>	<i>0,01</i>	0,16	0,15	Valencia	-0,28	<i>-0,09</i>	-0,50	-0,41
Granada	-0,55	-0,43	-0,81	-0,38	Valladolid	-0,54	-0,34	-0,78	-0,44
Huelva	-0,69	-0,54	-0,90	-0,36	Vigo	-0,23	<i>0,10</i>	-0,50	-0,60
Huesca	-0,50	-0,33	-0,70	-0,36	Zaragoza	-0,27	<i>-0,16</i>	-0,66	-0,50
León	-0,45	-0,22	-0,68	-0,46					

Tabla I. Valores de r de las correlaciones entre el índice NAO y la precipitación de diciembre, correspondientes a los períodos 1941-94 (r0), 1941-74 (fase negativa)(r1) y 1975-94 (fase positiva)(r2), así como las diferencias entre los dos últimos. En cursiva, los valores de r no significativos.

lluviosos. Por citar algunos ejemplos, en Ávila el coeficiente de correlación es nulo en el subperíodo 1941-74 y, en cambio, alcanza nada menos que -0.81 en el subperíodo 1975-94. En Murcia, un caso singular en la pluviometría ibérica, la correlación es positiva, con baja significación, en el primer

subperíodo (+0,32), pasando a negativa y claramente significativa en la fase positiva (-0,57).

Las isopleutas de los valores de r, y la significación de éstos, dividen el territorio en tres áreas (Fig.1):

1. Una estrecha franja septentrional, desde el norte de Galicia hasta Navarra, englobando, por el sur, la Rioja, sin correlación o influencia de la NAO en las cantidades de lluvia.

2. Una franja relativamente estrecha en la vertiente mediterránea oriental, con correlaciones débilmente negativas o no significativas (Murcia, Barcelona, Tortosa).

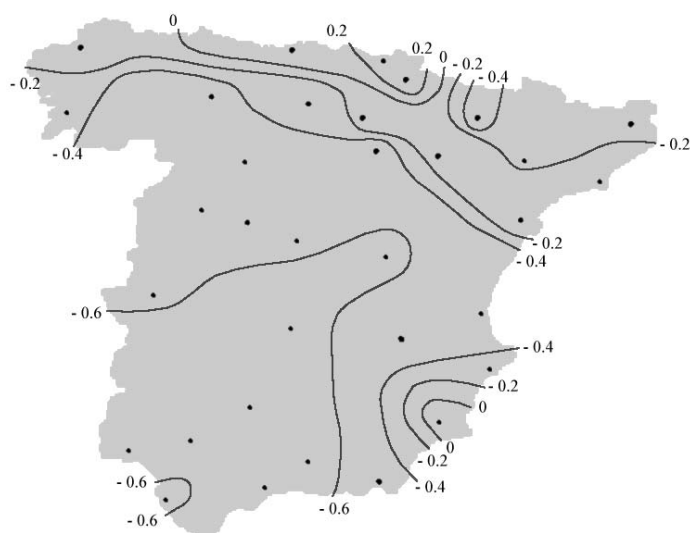


Figura 1. Isopleutas del valor de r para la correlación entre el índice NAO y la precipitación de diciembre (período 1951-1990).

Observatorios	P (1)			P(11)			Diferencias	
	1951-90	1951-74	1975-90	1951-90	1951-74	1975-90	P(1)	P(11)
	r0	r1	r2	r0	r1	r2	r2-r1	r2-r1
Albacete	-0,61	-0,45	-0,85	-0,63	-0,65	-0,60	-0,40	0,06
Alicante	-0,38	-0,27	-0,63	-0,32	-0,34	-0,38	-0,36	-0,03
Almería	-0,59	-0,56	-0,78	-0,51	-0,55	-0,52	-0,22	0,03
Ávila	-0,45	-0,07	-0,80	-0,42	<i>-0,17</i>	-0,68	-0,73	-0,50
Barcelona	-0,29	<i>-0,15</i>	-0,61	<i>-0,11</i>	<i>-0,09</i>	<i>-0,14</i>	-0,47	-0,04
Burgos	-0,36	-0,30	-0,44	-0,32	<i>-0,17</i>	-0,54	-0,14	-0,37
Cáceres	-0,56	-0,30	-0,44	-0,50	-0,36	-0,67	-0,14	-0,31
Ciudad Real	-0,61	-0,34	-0,85	-0,54	-0,46	-0,64	-0,51	-0,18
Córdoba	-0,59	-0,29	-0,86	-0,41	-0,26	-0,60	-0,57	-0,34
Coruña, La	<i>-0,10</i>	<i>-0,15</i>	-0,61	<i>0,10</i>	<i>0,09</i>	<i>0,14</i>	-0,47	0,05
Cuenca	-0,64	-0,42	-0,89	-0,54	-0,47	-0,71	-0,46	-0,24
Gerona	<i>-0,15</i>	<i>-0,10</i>	-0,39	<i>-0,19</i>	<i>-0,06</i>	-0,46	-0,30	-0,39
Gijón	<i>-0,02</i>	<i>-0,04</i>	<i>0,03</i>	<i>-0,05</i>	-0,21	0,21	0,06	0,42
Granada	-0,61	-0,40	-0,86	-0,46	-0,44	-0,53	-0,46	-0,10
Huelva	-0,60	-0,35	-0,84	-0,47	-0,38	-0,58	-0,50	-0,20
Huesca	-0,31	<i>-0,07</i>	-0,60	-0,24	<i>0,02</i>	-0,55	-0,53	-0,57
León	-0,36	<i>-0,17</i>	-0,55	-0,43	-0,47	-0,46	-0,38	0,02
Lérida	-0,34	<i>-0,15</i>	-0,51	-0,25	-0,34	<i>-0,03</i>	-0,36	0,31
Logroño	-0,04	<i>-0,05</i>	<i>0,01</i>	<i>-0,05</i>	<i>-0,06</i>	<i>0,06</i>	0,06	0,12
Madrid	-0,61	-0,36	-0,86	-0,49	-0,23	-0,80	-0,50	-0,57
Málaga	-0,71	-0,60	-0,84	-0,39	<i>-0,18</i>	-0,77	-0,25	-0,59
Murcia	-0,44	-0,31	-0,67	-0,27	-0,33	-0,21	-0,36	0,11
Pamplona	<i>0,12</i>	<i>0,15</i>	<i>0,08</i>	0,26	0,24	0,36	-0,07	0,11
S. Fernando	0,27	<i>0,12</i>	0,46	0,39	<i>0,18</i>	0,55	0,34	0,37
S. Sebastián	-0,42	<i>-0,16</i>	-0,69	-0,49	-0,34	-0,70	-0,53	-0,37
Salamanca	-0,62	-0,36	-0,90	-0,53	-0,47	-0,69	-0,54	-0,21
Sevilla	-0,66	-0,42	-0,90	-0,52	-0,40	-0,69	-0,48	-0,29
Soria	-0,50	-0,27	-0,77	-0,42	<i>-0,16</i>	-0,73	-0,50	-0,57
Tortosa	-0,42	<i>-0,15</i>	-0,77	-0,37	-0,30	-0,48	-0,62	-0,18
Valencia	-0,51	-0,37	-0,68	-0,30	<i>-0,19</i>	-0,50	-0,31	-0,31
Valladolid	-0,48	-0,31	-0,71	-0,33	-0,26	-0,45	-0,39	-0,18
Vigo	<i>-0,15</i>	<i>0,11</i>	-0,44	<i>-0,02</i>	<i>0,18</i>	-0,31	-0,56	-0,49
Zaragoza	-0,20	<i>-0,07</i>	-0,39	<i>-0,13</i>	<i>0,03</i>	-0,39	-0,32	-0,42

Tabla II. Valores de r de las correlaciones entre el índice NAO y la probabilidad de día lluvioso, P(1), y de día de lluvioso después de día lluvioso, P(11), correspondientes a los períodos 1951-90 (r0), 1951-74 (fase negativa)(r1) y 1975-90 (fase positiva)(r2), así como las diferencias entre los dos últimos. En cursiva, valores de r no significativos.

3. El centro y el cuadrante sudoccidental peninsular, con correlaciones negativas claramente significativas. Aquí la NAO influye apreciablemente en los totales pluviométricos de diciembre: su fase negativa se asocia con precipitaciones copiosas y flujos de componente sudoeste, impulsados por depresiones situadas al oeste y sudoeste de la Península. La fase positiva se corresponde con sequías, por el obstáculo que ejercen las altas presiones de Azores sobre las perturbaciones atlánticas.

2.2. Probabilidad de los días lluviosos

Al establecer las correlaciones entre el índice NAO y la probabilidad, o frecuencia, de día de lluvia, según los umbrales 0,1, 1,0 y 10,0 mm, para el período 1951-90, en diciembre, las isopletras de los valores de r hallados muestran unas pautas espaciales bastante parecidas a las obtenidas con los totales pluviométricos (Figs 2, 3 y 4).

Una cierta forma de “Y”, que individualiza las mismas tres áreas citadas en el apartado anterior, parece dibujarse. Así, hay una franja con valores no significativos ceñida al extremo norte, alguna isopletra en sentido meridiano delimitando una franja mediterránea oriental con valores escasamente significativos, y el centro y sudoeste, con buena correlación negativa. Las variaciones según los umbrales son pequeñas.

En resumen, el índice NAO también condiciona apreciablemente la frecuencia de los días lluviosos en el centro y el sudoeste de la Península Ibérica. Los valores de r superan a menudo, en valor absoluto, $-0,6$ en el área citada (tabla II). Los temporales atlánticos del sudoeste y oeste se caracterizan por secuencias de días lluviosos relativamente largas (MARTÍN-VIDE, 1981, 1985; GÓMEZ, 1997), que guardan bastante proporcionalidad con las cantidades de precipitación aportadas, por lo que los mapas de correlación de los totales y de la frecuencia se asemejan. Este comportamiento difiere del de la vertiente mediterránea oriental, donde con harta frecuencia cantidades muy elevadas se concentran en muy pocos días, mientras que en otros momentos varios días seguidos aportan totales reducidos.

Cuando se divide el período en los subperíodos indicados en la tabla II, 1951-74 y 1975-90, con una fase negativa y una positiva de la NAO, respectivamente, las correlaciones muestran una alta significación en la fase positiva, como ocurría con los totales pluviométricos. Así, los observatorios de Ávila, Huelva, Málaga, Albacete, Ciudad Real, Córdoba, Granada, Madrid y Cuenca rebasan el $-0,80$ e, incluso, San Fernando y Sevilla alcanzan el $-0,90$.

Un notable interés, ligado con lo anterior, tiene el análisis de la correlación entre el índice NAO y la persistencia de los días lluviosos. Ésta puede evaluarse mediante la probabilidad de día lluvioso después de día lluvioso, usándose el umbral 0,1 mm. Los valores de r obtenidos, para el período 1951-90, mantienen las pautas espaciales ya señaladas para la probabilidad simple, o frecuencia, de día lluvioso, así como para los totales (tabla II). Sin embargo, son algo inferiores a los obtenidos para la frecuencia, en especial en el centro y sudoeste del territorio. Así, por ejemplo, Sevilla, que presentaba un valor de r en la correlación del índice NAO con la frecuencia de la precipitación de $-0,66$, pasa en el caso de la correlación con la probabilidad de día lluvioso después de día lluvioso a $-0,52$. En Málaga se produce el mayor descenso, quizás por su localización en la vertiente mediterránea, ya que de presentar la mejor correlación, con $-0,71$, desciende a sólo $-0,39$. Al igual que se ha hecho para la frecuencia y los totales, al dividir el período 1951-90 en los subperíodos 1951-74 y 1975-90 se ha obtenido mucha mejor correlación en el segundo intervalo temporal, el de fase positiva de la NAO, que en el primero.

En consecuencia, tanto para la probabilidad de día lluvioso como para la de día lluvioso después de día lluvioso, en su dependencia del índice NAO, las pautas espaciales son similares al caso de los totales, apreciándose una alta correlación negativa en el centro y sudoeste de la Península Ibérica en la fase positiva de la citada teleconexión.

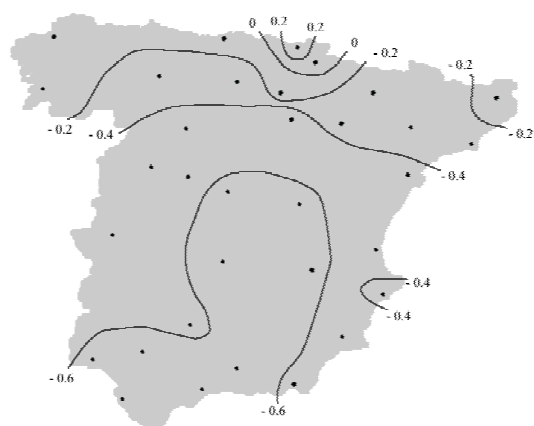


Figura 2. Isopletas del valor de r para la correlación entre el índice NAO y la probabilidad de día lluvioso, con el umbral 0,1 mm, en diciembre (1951-1990).

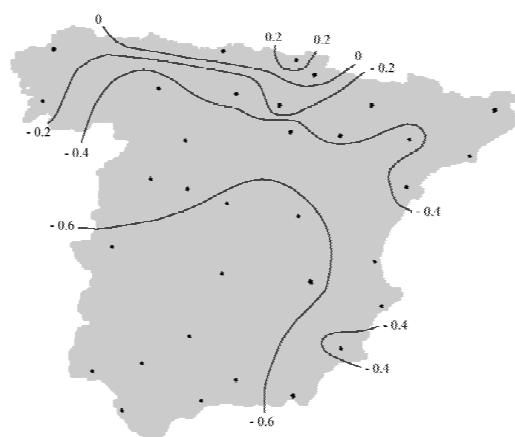


Figura 3. Isopletas del valor de r para la correlación entre el índice NAO y la probabilidad de día lluvioso, con el umbral 1,0 mm, en diciembre (1951-1990).

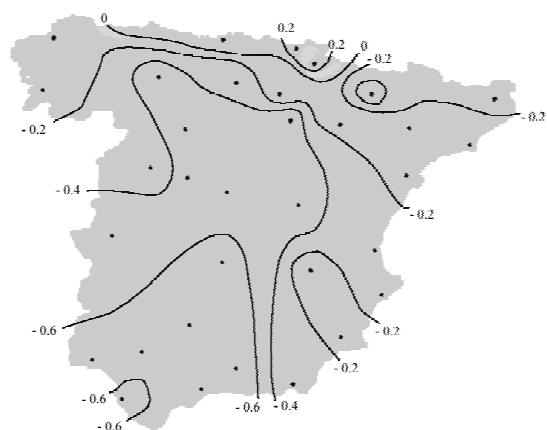


Figura 4. Isopletas del valor de r para la correlación entre el índice NAO y la probabilidad de día lluvioso, con el umbral 10,0 mm, en diciembre (1951-1990).

3. DISCUSIÓN

Los estudios realizados sobre el solar ibérico por ZORITA *et al.* (1992), VON STORCH *et al.* (1993), ALMARZA (1996) y WIBIG (1999) coinciden en la importancia de la NAO, y de los patrones sinópticos asociados a ella, en invierno, respecto a la variabilidad de la precipitación en buena parte del sur peninsular, en concordancia con los resultados aquí expuestos. RODRIGUEZ-PUEBLA *et al.* (1998) y RODÓ *et al.* (1997) muestran otros patrones, como EA, ENSO y SCAN, que influyen sobre la variabilidad pluviométrica peninsular. En diciembre, en el cuadrante sudoccidental ibérico es la NAO la que ejerce una mayor influencia y, si posee índice negativo, se incrementa el número de centros de presión de entre 980 y 1000 hPa sobre el noroeste de Europa y las costas lusas (ULBRICH, *et al.*, en prensa). Entre 1984-93, fase positiva de la NAO, aumentó la torrencialidad en el área del estrecho (ROMERO *et al.*, 1999). Los mapas aquí presentados concuerdan también con los resultados aparecidos en ESTEBAN-PARRA *et al.* (1998), MARTÍN-VIDE (1998) y MARTÍN-VIDE *et al.* (en prensa). Estos últimos advierten acerca de la singularidad de la franja mediterránea oriental, donde la cantidad de precipitación no está correlacionada con la presión en la misma, y sólo débilmente con el índice NAO. Los mecanismos pluviométricos propios de la cuenca del Mediterráneo, a menudo de gran irregularidad por la elevada intensidad de la precipitación que comportan, contribuyen a enmascarar la influencia de la NAO. Por eso, en el Mediterráneo oriental no es raro encontrar características opuestas a las descritas, hablándose de una "Oscilación del Mediterráneo" (CORTE-REAL *et al.*, 1995; KUTIEL *et al.*, 1998).

4. CONCLUSIONES

- El índice NAO muestra una buena correlación negativa ($r < -0.5$) en el centro y sudoeste de la Península Ibérica, en diciembre, no sólo con la cantidad de precipitación, sino también con la probabilidad, o frecuencia, de día lluvioso, definido según los umbrales 0,1, 1,0 y 10,0 mm, y con la probabilidad de día lluvioso después de día lluvioso, según datos de 33 observatorios para un período de al menos 40 años.
- En todos los casos, la España Peninsular puede regionalizarse en tres áreas: una estrecha franja septentrional, junto al Cantábrico, no correlacionada; un sector junto al Mediterráneo en su vertiente oriental, con débil correlación; y el centro y sudoeste peninsular, con buena correlación negativa. En conjunto, las isopletras de la r de Pearson dibujan una cierta figura de "Y".
- Todas las correlaciones son muy altas, en valor absoluto, en el centro y sudoeste peninsular durante una fase positiva de la NAO (1975-90), mientras que se debilitan bastante durante la fase negativa precedente (1951-74).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMARZA, C. y LÓPEZ, J.A. (1996): "Variability of the precipitation in Spain and its relation to the North Atlantic Oscillation". *European Conference on Applied Climatology*, Abstracts volume pp163-165. Norrköping, Suecia.
- BARNSTON, A.G. y LIVEZEY, R.E. (1987): "Classification, seasonality, and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns". *Mon. Weather Rev.*, **115**, 1083-1126.

- CORTE-REAL, J. *et al.* (1995): "Large-scale circulation regimes and surface climatic anomalies over the Mediterranean". *Int. J. Climatology*, **15**, 1135-1150.
- ESTEBAN-PARRA, M.J. *et al.* (1998): "Spatial and temporal patterns of precipitation in Spain for the period 1880-1992". *Int. J. Climatology*, **18**, 1557-1574.
- GÓMEZ, L. (1997): "Regionalización climática de la España peninsular mediante el análisis markoviano de las sequías". Universidad de Barcelona, tesis doctoral inédita.
- HURRELL, J.W. (1995): "Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: regional temperature and precipitation". *Science*, **269**, 676-679.
- HURRELL, J.W. (1996): "Influence of variations in extratropical wintertime teleconnections of Northern Hemisphere temperature". *Geophysical Research Letters*, **23**, 665-668.
- INM (1996): *Homogeneidad y variabilidad de los registros históricos de precipitación de España*. Madrid.
- KUTIEL, H. *et al.* (1998) "Singularity of atmospheric pressure in the eastern Mediterranean and its relevance to interannual variations of dry and wet spells". *Int. J. Climatology*, **18**, 317-327.
- LAMB, P.J. y PEPPLER, R.A. (1987): "North Atlantic Oscillation: concept and an application". *Am. Meteorological Society, Bulletin* **68**, 1218-1225.
- MARTÍN-VIDE, J. (1981): "Cantidades diarias y análisis markoviano de las precipitaciones en el litoral mediterráneo sur de la Península Ibérica". *Paralelo 37º*, **5**, 97-114. Universidad de Almería.
- MARTÍN-VIDE, J. (1998): "The dependence of the precipitation in Spain on the NAO". *Proceedings of Climate and Environmental Change*. IGU. Evora.
- MARTÍN-VIDE, J. y MORENO, M^a.C. (1985): "El estudio de las sequías mediante el análisis probabilístico de las secuencias secas. El caso de Almería". *IX Coloquio de Geografía. Ponencias*, I. A.G.E.
- MARTÍN-VIDE, J. *et al.* (en prensa): "La Oscilación del Atlántico Norte y la precipitación en España en el comienzo del invierno". *Gestión de Riesgos*. Mapfre.
- RODRÍGUEZ-PUEBLA, C. *et al.* (1998): "Spatial and temporal patterns of annual precipitation variability over the Iberian Peninsula". *Int. J. Climatology*, **18**, 299-316.
- RODÓ, X. *et al.* (1997): "Variations in seasonal rainfall in Southern Europe during the present century: relationships with the North Atlantic Oscillation and the El Niño-Southern Oscillation". *Climatic Dynamics*, **13**, 275-284.
- ROMERO, R. *et al.* (1999): "Daily rainfall patterns in the Spanish Mediterranean area: an objective classification". *Int. J. Climatology*, **19**, 95-112.
- SCHMUTZ, CH. y WANNER, H. (1998): "Low frequency variability of atmospheric circulation over Europe between 1785 and 1994". *Erdkunde*, **52**, 81-94.
- ULBRICH, U. *et al.* (en prensa): "Dependence of winter precipitation over Portugal on NAO and baroclinic wave activity". *Int. J. Climatology*.

- VON STORCH, H. *et al.* (1993): “Downscaling of global climate change estimates in regional scales: an application to Iberian rainfall in wintertime”. *J. of Climate*, **6**, 1161-1171.
- WANNER, H. *et al.* (1997): “Global climate change and variability and its influence on Alpine climate: Concepts and observations”. *Th. Appl. Climatology*, **58**, 221-243.
- WIBIG, J. (1999) “Precipitation in Europe in relation to circulation patterns at the 500 hPa level”. *Int. J. Climatology*, **19**, 253-269.
- ZORITA, E. *et al.* (1992): “The atmospheric circulation and sea surface temperature in the North Atlantic area in winter: their interaction and relevance for Iberian precipitation”. *J. of Climate*, **5**, 1097-1108.

AGRADECIMIENTOS

Beca post-doctoral de la Fundación Ramón Areces, Proyecto CLI98-0930-CO2-02, INM y a David Fernández Belmonte.

